

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

Davorin Vukoje



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Smjer: Tehničko-tehnološki

ZAVRŠNI RAD

RAZRADA PROIZVODNOG PROCESA U DIGITALNOM TISKU MALOG FORMATA

Mentor:

Prof. dr. sc. Nikola Mrvac

Student:

Davorin Vukoje

Zagreb, 2015

SAŽETAK

Pojam proizvodnog procesa u grafičkoj industriji uključuje proces grafičke pripreme, tiska i dorade. Zahtjev klijenta za konačnim grafičkim proizvodom utvrđuje sve elemente proizvodnje te se određuje vrsta papira i gramatura, format i opseg, naklada, dorada. Kada su poznati svi parametri kreće se u kalkulaciju cijene i planiranje proizvodnje.

Cjenovna konkurentnost je jedan od najvažnijih zahtjeva na tržištu. Biti cjenovno konkurentan, a u isto vrijeme osigurati rok isporuke, kvalitetu i isplativost, zahtjev je koji danas određuje pozicioniranje neke tvrtke na tržištu grafičke industrije.

Digitalni tisak s jedne i konvencionalni ofsetni tisak s druge strane, u današnje vrijeme se u nekim nakladama, preklapaju. Sve je više poslova koji su se dosad odrađivali u ofsetnim tiskarama, a danas se odrađuju u digitalnim tiskarama. Digitalni tisak i ponuda na tržištu danas rapidno rastu i postavlja se pitanje što će biti u budućnosti. Znatno pojedostavljenje tiskarskog procesa, te brzina i mogućnosti kao što je personalizacija tiska, stavljaju digitalni tisak u određenu prednost u odnosu na ofsetni tisak. Diplomski rad se bavi pretpostavljenom tezom da je u graničnim nakladama digitalni tisak isplativiji i u konačnici brži, što ću probati i dokazati kroz ovaj rad.

Ključne riječi: ofsetni tisak, digitalni tisak, usporedba tehnika tiska

SADRŽAJ

1. UVOD.....	5
2. TEORIJSKI DIO	6
2.1. Osnove digitalnog tiska	6
2.2. Pripremni procesi u elektrofotografiji	8
2.3. Elektrofotografija s praškastim tonerom.....	10
2.3.1. Nabijanje tiskovne forme	11
2.3.2. Stvaranje tiskovne forme	13
2.3.3. Obojavanje fotoreceptora tonerom	13
2.3.4. Nanošenje tonera na tiskovnu podlogu	14
2.3.5. Fiksiranje tonera na tiskovnoj podlozi	16
2.3.6. Čišćenje tiskovne forme od ostatka tonera	18
2.4. Metode određivanja kvalitete reprodukcije	19
2.4.1. Denzitometrija	19
2.4.2. Kolorimetrija.....	19
3. EKSPERIMENTALNI DIO	20
3.1. Plan rada i metode istraživanja	20
3.2. Predmet istraživanja	20
3.3. Korišteni strojevi i uređaji	21
3.3.1. Konica Minolta Bizhub Press C1085.....	21
3.3.2. CTP - Creo Kodak Trendsetter 800 II.....	24
3.3.3. Heidelberg Speedmaster 74-4	26
3.4. Korišteni materijali	29
3.4.1. Bojila	29
3.4.2. Tiskovne podloge.....	29
4. DISKUSIJA REZULTATA	31
4.1. Kvaliteta otisaka	31
4.2. Brzina tiska	31
4.3. Troškovi izrade.....	33
5. ZAKLJUČCI.....	37
6. LITERATURA.....	39

1. UVOD

U današnje vrijeme se vrlo često postavlja pitanje izbora tehnike tiska, prvenstveno između ofsetnog i digitalnog tiska. Naravno, ovdje je riječ o nakladama koje su granične, tj. gornja granica za digitalni tisak i donja granica za ofsetni tisak. Koje su onda prednosti i nedostaci digitalnog u odnosu na ofsetni tisak i obrnuto? Zahtjevi kojima klijenti diktiraju tržište su u prvom redu kvaliteta, cijena i rok isporuke.

Digitalne tehnike tiska uspoređuju se konvencionalnim po nekoliko parametara kao što su kvaliteta otiska, brzina otiskivanja, upravljanje sustavom boja i kontrola, upotreba različitih tiskovnih podloga. Digitalni tisak je mnogo brži i povoljniji proces. Mnogo su manji ulazni troškovi i sami repromaterijal. Nove tehnologije digitalnog tiska pomiču granicu dosadašnje percepcije u odnosu na ofset, pa se digitalni tisak čak i kvalitetom uveliko približava kvaliteti ofsetnog tiska. Širina mogućnosti upotrebe tiskovne podloge različitih gramatura, boljim i preciznijim sustavom upravljanja bojila, digitalni tisak zaostaje za konvencionalnim ofsetnim tiskom.

Jedna od velikih prednosti digitalnog tiska svakako je personalizacija otiska. Danas je to bitno, jer tržište se sve više usmjerava na potrebe i zadovoljenje pojedinaca i podređuje se specifičnim potrebama klijenata. Razvitkom grafičke industrije i sve većom dostupnošću informacija i ostalih medija javlja se potreba za personaliziranim sadržajem. Digitalni tisak omogućava nastanak grafičkog proizvoda u okviru nečijih vlastitih, individualnih želja. Kod konvencionalnih tehnika, zbog visoke cijene izrade tiskovne forme, male naklade imaju visoku cijenu po otisku, dok kod velikih naklada cijena bitno pada. Digitalni tisak nema taj ulazni trošak tako da je cijena svakog otiska praktično jednaka, što daje prednost kod malih, ali je nedostatak kod većih naklada.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Osnove digitalnog tiska

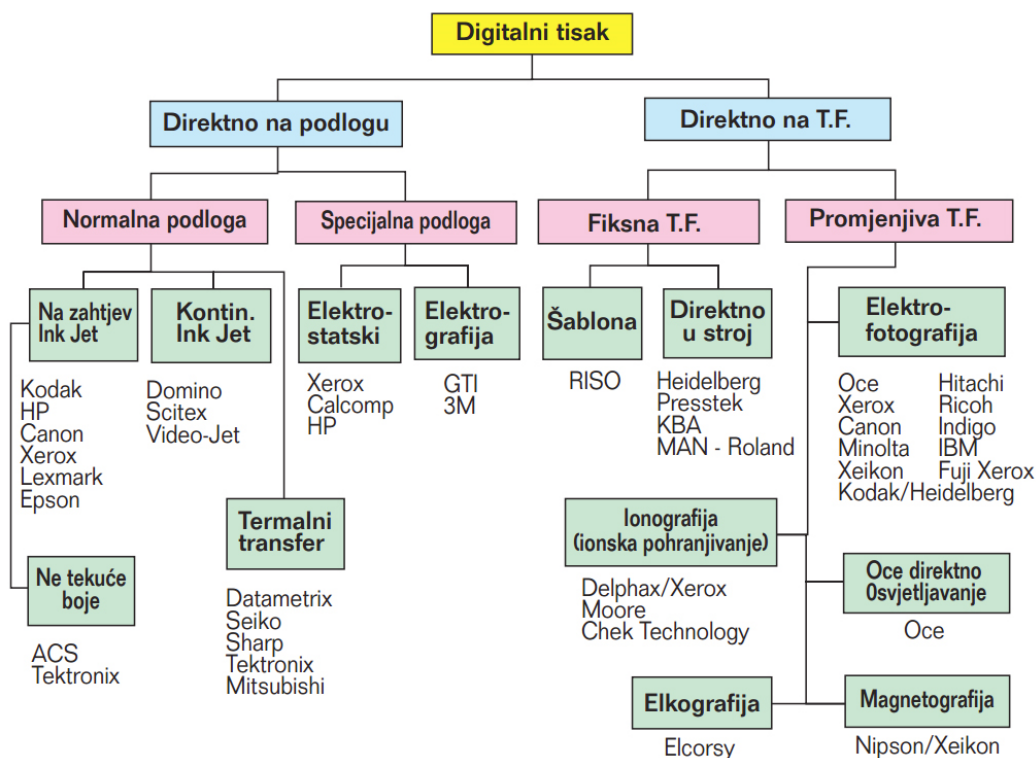
Od mnogih digitalnih tehnika koje se danas koriste, pod pojmom digitalnog tiska podrazumjevamo elektrofotografiju ili *Computer To Print* tehniku. Za razliku od konvencionalnog tiska, tu ne postoji materijalna tiskovna forma koja se priprema prije samog procesa tiska, već se koristi nematerijalna „virtualna“ tiskovna forma. Takva forma sastavljena je od digitalnih podataka dobivenih iz RIP-a u binarnom obliku. U elektrofotografiji forma nastaje na bubnju gdje se laserom stvaraju razlike u naboju nakon čega slijedi selektivno prihvaćanje negativnog tonera. Boja (toner) na podlogu prelazi pomoću transferne korone. U digitalnom tisku postoji i *Computer To Press* tehnologija. *Computer To Press* ima sve standardne elemente kao i konvencionalne tehnike tiska, jedina razlika je u uređaju za automatsko generiranje tiskovne forme u tiskarskom stroju.

Beskontaktni ili digitalni tisak, kako se često naziva cijela paleta tehnika tiska usko vezanih uz kompjutor, pojavila se krajem dvadesetog stoljeća. Kvaliteta otisaka im je u pravilu nešto niža od kvalitete otisaka ofseta. Velike prednosti su mogućnost personalizacije svakog otiska, što je kod konvencionalnih tehnika nemoguće, jer one koriste stalnu tiskovnu formu. Kod konvencionalnih tehnika, zbog visoke cijene izrade tiskovne forme, male naklade imaju visoku cijenu po otisku, dok kod velikih naklada cijena bitno pada. Digitalni tisak nema taj ulazni trošak tako da je cijena svakog otiska praktično jednaka, što daje prednost kod malih naklada, ali je nedostatak kod većih. Najznačajnije i najrasprostranjenije tehnike digitalnog tiska su elektrofotografija i tintni pisač (*inkjet*). Princip elektrofotografije jako podsjeća na princip rada aparata za kopiranje. Kod aparata za kopiranje svjetlo žarulje se odbija od stranice koju kopiramo i pada na temeljni bubanj koji pod utjecajem svjetla postaje vodič elektriciteta. Kod digitalnih uređaja na temeljni bubanj pada lasersko svjetlo vođeno signalom iz kompjutora. Naboj prethodno narinut na bubanj se na osvijetljenim mjestima izbija i tako razlikom potencijala na bubnju nastaje latentna tiskovna forma. Na nju se nanese toner koji se zbog električnog naboja prihvaća samo za tiskovne elemente, a zatim se sa tiskovne forme toner direktnim ili indirektnim putem prenosi na tiskovnu podlogu.[1]

Osnovna podjela i sami razvoj digitalnih tehnika tiska je u dvije različite tehnologije tzv. *Computer To Print* i *Computer To Press* tehnologiju. Zajednički temelj radnog postupka digitalnih tehnika tiska je računalno, direktno upravljanje radom digitalnog stroja.

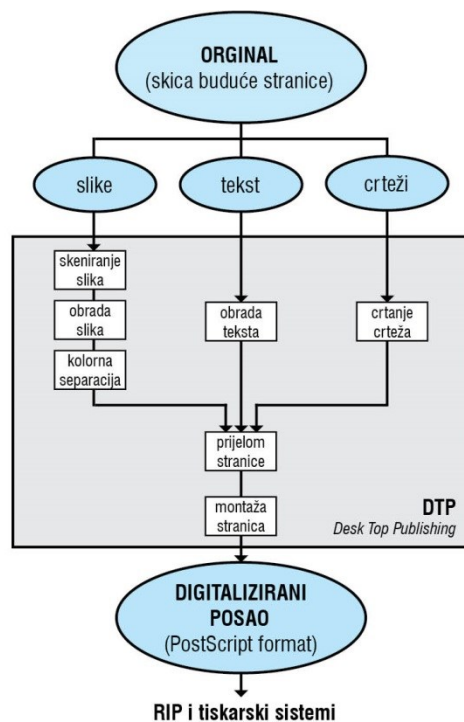
Digitalni tiskarski sustavi rade uz pomoć računala koje je direktno spojeno s tiskarskim strojem. Pripremljene stranice u standardnim grafičkim aplikacijama se najprije prevode u specijalan digitalizirani oblik *PostScript* (PS), koji se u *Raster Image Procesoru* (RIP) uređaju i pretvaraju u rastriranu površinu izdvojenu u 4 osnovna izvatka boje. Izripana datoteka se tada koristi za izradu (osvjetljavanje) tiskovne forme. Tako organizirana tiskarska proizvodnja poznata je pod nazivima: *Computer To Plate*, *Computer To Press* i *Computer To Print*. Digitalni tisak je sinonim za takozvane “*Computer To Print*” i “*Computer To Press*” tehnologije. Točan pregled tehnika digitalnog tiska prikazuje slika 1. U skupinu *Computer To Print* ubrajamo tzv. NIP tiskarske tehnike (*Non Impact Printing*). Beskontaktno otiskivanje (NIP) karakterizira mala sila pritiska u zoni otiskivanja. Tiskovna forma je virtualna, i za vrijeme otiskivanja nalazi se u neznatnom (ili nikakvom) međusobnom kontaktu s tiskovnom podlogom. Virtualna NIP tiskovna forma sadrži tiskovne elemente i slobodne površine koje se razlikuju u energetsom potencijalu. Nanosom bojila suprotnog energetskog potencijala na tiskovne elemente (razvijanje) tiskovna forma postaje vizualno vidljiva, i spremna za otiskivanje.

Computer To Press tehnologija mnogo je sličnija konvencionalnom načinu otiskivanja. Takvi tiskarski strojevi zadržali su sve komponente klasične tiskarske jedinice, te se razlikuje samo u dodatnom uređaju za automatsko osvjetljavanje tiskovne forme (laserska glava spojena s računalom). Priprema stroja i izrada tiskovnih formi izvršava se za 15 minuta i provodi se u samom tiskarskom stroju.[2]



*Slika 1. Osnovna podjela tehnika digitalnog tiska
(Izvor: I. Majnarić, Digitalni tisak principom praškaste elektrofotografije i njegova primjena u grafičkoj industriji, predavanje, 2007.)*

Neposredno prije procesa otiskivanja nužno je da se tekstualni i slikovni podaci iz DTP (*Desk Top Publishing*) računala prenesu na elektrofotografski tiskarski stroj. Računalo tiskarskog stroja i DTP računala međusobno su povezana LAN-om (*Local Area Network*), čime je osiguran brz protok podataka. Postoji mogućnost unošenja informacija pomoću dodatnih kompjuterskih ulaznih jedinica (DVD, CD, *Exabyte*, *JEZZ drive* i *ZIP drive*) što je kompliciraniji i sporiji način unosa podataka.[2]



Slika 2. Faze kreiranja digitalnog zapisa na DTP računalu

Komunikacijski protokol je složen. Računalo elektrofotografskog stroja prihvaća samo specifične zapise od kojih su najčešći: *PostScript*, PDF, EPS i TIFF (slika 2). Svi poslovi kreirani na DTP računalu pretvaraju se u odgovarajući binarni oblik kojeg je moguće rastrirati, odnosno prevesti u digitalni rasterski oblik s izdvojene četiri procesne boje CMYK.[3]

U fazi digitalnog rastriranja računalo primjenjuje: amplitudno-modularno rastriranje (Dihter metodu) ili frekventno modularno rastriranje (*Error diffusion* metodu). Izripani poslovi pohranjeni su u računalu tiskarskog stroja i mogu se otisnuti u svakom trenutku. Klikom na tipku miša, binarne informacije zapisa kolorne separacije trenutno se šalju do laserske glave. Ovisno o kolornoj separaciji koja se provodi, signal dolazi i do razvijaačkog sustava koji se pritom aktivira.[2]

Cjelovit tijek rada (*workflow*) faza kreiranja digitalnog zapisa od original do PostScript datoteke prikazan je na slici 2.

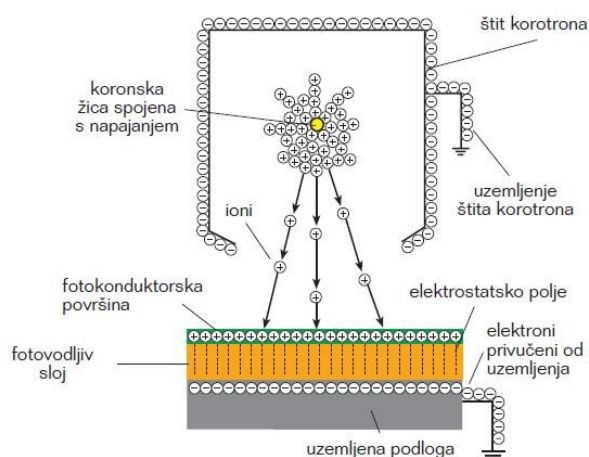
2.2. Elektrofotografija s praškastim tonerom

Elektrofotografija je digitalna tehnika tiska koju je 1942. godine patentirao Chaster Carlson. Daljnji razvoj ovog načina otiskivanja izvršila je tvrtka Xerox otkupom izvornog patenta. Razvijanjem te tehnike nastaju fotokopirni strojevi i komercijalni laserski printeri.

Princip elektrofotografije temelji se na fotolektričnom efektu. Fotoelektrični efekt je pojava koja nastaje uslijed osvjetljivanja metalne ploče, pri čemu dolazi do emisije elektrona iz metalnih rešetki. Postoji nekoliko faza nastajanja otiska:

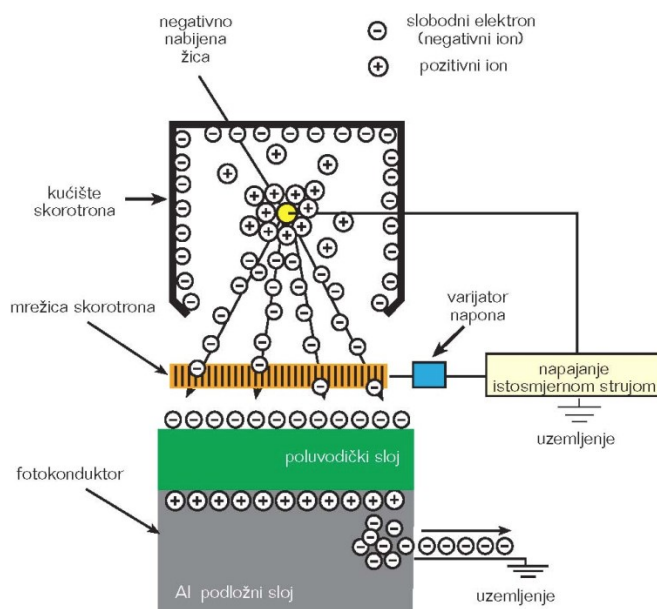
1. Nabijanje tiskovne forme fotoreceptorskog bubnja
2. Osvjetljavanje fotoosjetljive površine fotoreceptorskog bubnja – površina bubnja se selektivno osvjetljava laserom, koji izbija nosioce elektrostatskog naboja, čime nastaje virtualna tiskovna forma na kojoj su tiskovni elementi i slobodne površine različitog naboja
3. Nanošenje tonera na fotoreceptor – ovaj postupak se još naziva i razvijanje tiskovne forme, a izvodi se na način da se čestice tonera prihvaćaju na pozitivno ili kod nekih strojeva negativno nabijene dijelove na fotoreceptorskom bubnju
4. Prenošenje tonera sa ofsetnog cilindra na tiskovnu podlogu – nabijena korona svojim elektrostatskim silama privlači čestice tonera i time pomaže u transferu prihvaćanja za papir
5. Fiksiranje tonera na tiskovnu podlogu – korak gdje se otisak čini stabilnim na tiskovnoj podlozi (sušenje nanesenog tonera)
6. Čišćenje tiskovne forme od ostatka tonera – izvodi se mehanički i električki.

Osnovne faze rada elektrofotografskog stroja prikazane su na slici 3.



*Slika 4. Princip pozitivskog nabijanja
(Izvor: I. Majnarić, Studija indirektno elektrografije, doktorska disertacija, 2007.)*

Negativsko nabijanje karakterizira stvaranje negativnih naboja na površini fotokonduktora, prikazano na slici 5. Negativsko nabijanje koristi se u elektrografskim strojevima II generacije koji se po načinu rada razlikuju samo po indirektnom načinu otiskivanja. Takvi strojevi posjeduju OPC (Organic Photo Conductor) fotokondaktor koji se nabija visokim negativnim naponom. [3]



*Slika 5. Princip negativskog nabijanja
(Izvor: I. Majnarić, Studija indirektno elektrografije, doktorska disertacija, 2007.)*

2.2.2. Stvaranje tiskovne forme

Osvjetljavanje je proces u kojem se originalni dokument ili kompjutorski podaci u određenom obliku projiciraju na fotokonduktor. Pritom se naponi na fotokonduktoru mijenjaju (najčešće neutraliziraju). Ovisno o izvršenom nabijanju fotokonduktorske površine, razlikujemo negativsko nabijanje CAD (*Charged Area Development*) i pozitivsko nabijanje DAD (*Discharged Area Development*). [3]

Kod elektrofotografskih strojeva koji rade principom negativskog nabijanja, ukupna svjetlosna izloženost fotokonduktorske površine vrlo je velika. Neosvijetljeni tiskovni elementi se ne mogu nijansirati, te je takav princip osvjetljavanja pogodan za reprodukciju jednostavnijih grafičkih aplikacija.

Pri pozitivskom nabijanju svjetlosti se izlažu budući tiskovni elementi. Intenzitet laserskog zračenja je moguće modulirati. Time je omogućen različit elektrostatski potencijal tiskovnih elemenata koji će se kasnije u fazi razvijanja pretvoriti u različitu gustoću obojenja. Tiskovni elementi formirani na fotokonduktoru su vrlo mali čime je osigurana dobra rasterska reprodukcija.[3]

2.2.3. Obojavanje fotoreceptora tonerom

Osnovna zadaća procesa razvijanja je učiniti virtualnu tiskovnu formu vidljivom. Pritom se koriste specijalizirano obojeni materijali (toneri) koji su prilagođeni za prihvaćanje na pozitivnije nabijene tiskovne podloge. Toneri su najčešće praškastog oblika, ali mogu bit i tekućine. Ovisno o agregatnom stanju tonera, prilagođena je i konstrukcija elektrofotografskih strojeva. Razlikuju se dva osnovna tipa elektrofotografskog procesa otiskivanja.

- elektrofotografija praškastim tonerima (kserografija)
- elektrofotografija tekućim tonerima

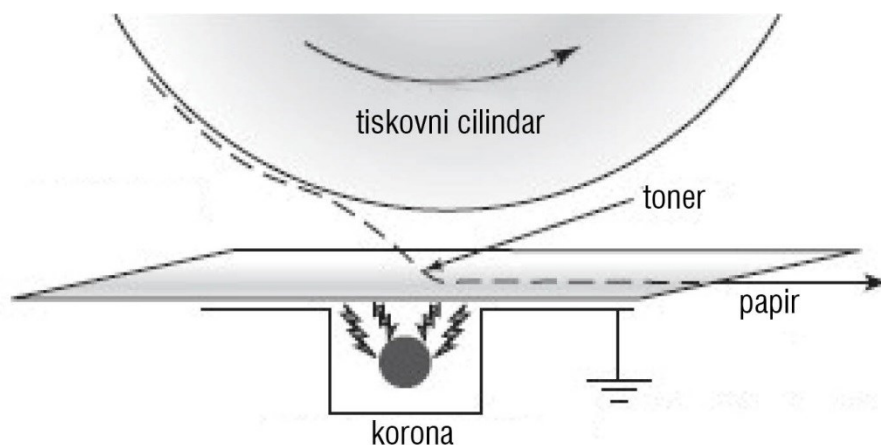
U kserografiji praškastih tonera razlikujemo jedno i dvokomponentne sustave razvijanja. U oba sustava potrebno je čestice tonera (nosioca tonera) prvo nabiti

odgovarajućim nabojem, da bi se toner kontrolirano kretao iz spremnika u smjeru latentne tiskovne forme. Između čestica tonera i tiskovnih elemenata virtualne tiskovne forme postoji jako privlačno elektrostatsko polje. Takvo privlačno polje omogućit će brz prelazak tonera s razvijačkog valjka na tiskovne elemente fotoreceptora.[3]

2.2.4. Nanošenje tonera na tiskovnu podlogu

Tonersku sliku nakon razvijanja potrebno je prenijeti na tiskovnu podlogu. U elektrofotografiji se to provodi na dva načina: direktnim transferom (slika 6.) ili indirektnim transferom.

Pri direktnom elektrofotografskom tisku tiskovna podloga (obično papir) dovodi se u izravni kontakt s fotokonduktorom. Za što učinkovitiji prijenos tonera s fotokonduktora na tiskovnu podlogu, potrebno je ugraditi transferni uređaj. On se smješta na poledini tiskovne podloge koji pri svom radu generira ione. Potencijal naboja ovisan je o potencijalu korištenog tonera, te je uvijek suprotnog predznaka. Prema konstrukciji razlikujemo dva tipa transfernih uređaja: transferne korone i transferne valjke. [4]



*Slika 6. Uređaj za direktno prenošenje tonera na papir
(Izvor: <http://theantiquegigue.com/aplus/220-701/printers.php>)*

Transfornom koronom omogućen je i beskontaktni prijenos tonera s fotokonduktora na papir. Pritom se prenaša samo manji sloj tonerske slike, čime se postiže i manji nanos tonera na papiru. Veći nanos tonera na otisku moguć je ostvarivanjem mehaničkog dodira triju tijela (fotokonduktor – toner – papir).

Prijenos je moguć i s transfernim valjkom. Transferni valjak je građen od metalne vodljive jezgre presvučene s električni provodljivom gumom. Valjak je smješten tik uz fotoreceptor, čime je ostvaren fizički kontakt fotokonduktorskog bubnja i tiskovne podloge. Elektrofotografski strojevi koji koriste takvu tehnologiju transfera obično koriste podloge u roli. U zoni dodirivanja formira se veći tlak koji rezultira i dodatnim glačanjem po cijeloj širini papirne role. Time je osigurana veća produktivnost s manjim brojem zastoja. [4]

Za postizanje ujednačenosti kvalitete otiskivanja, transfer valjak se spaja s dodatnim uređajem za električno napajanje. Ovisno o tipu i debljini tiskovne podloge, napon transfernog valjka moguće je mijenjati, čime se postiže regulacija jačine elektrostatskog polja “toner – transferni valjak”. Efikasnost transfera definirana je kao postotak prenesenog tonera s fotokonduktorske površine na papir i obično je veća od 90%. [4]

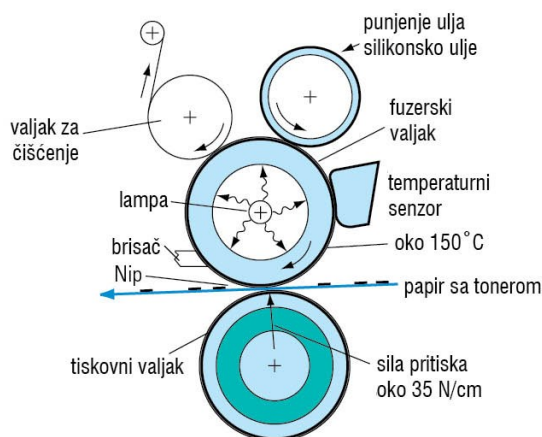
Kod indirektnog otiskivanja tiskovna podloga nije u direktnom dodiru s fotokonduktorom, već se kontakt stvara posredstvom prijenosnog medija. Za uspješno provođenje indirektnog transfera potrebno je prvo nanijeti toner na površinu prijenosnog medija s kojeg će se toner dalje prenijeti na tiskovnu podlogu. Pritom se koriste specijalni prijenosni mediji koji mogu biti u obliku: beskonačnog remena ili kao navlaka na prijenosnom cilindru. [4]

Elektrofotografski strojevi koji koriste tekuće *ElectroInk* bojilo izvode transfer pomoću ofsetnog cilindra. Konstrukciju transfernog cilindra karakteriziraju 2 osnovna dijela: grijač i vanjska površina cilindra (spojena s električnim napajanjem). Ofsetni cilindar direktno je spojen s istosmjernim električnim napajanjem. Pritom se na vanjskoj površini cilindra formira permanentni pozitivan naboj, koji osigurava dobar transfer boje s fotokonduktora na ofsetni cilindar. Istovremeno se s ugrađenom grijaćom lampom zagrijava cjelokupna površina cilindra.

Na vanjsku površinu ofsetnog cilindra montirana je specijalna gumena navlaka koja u ovakvom indirektnom otiskivanju omogućava: prihvaćanje tekućeg elektroinka s fotokonduktora, promjenu viskoziteta elektroinka i transfer elektroinka na tiskovnu podlogu. Za zadovoljavanje gore spomenutih uvjeta, gumena navlaka mora biti: električni provodljiva, otporna na visoke temperature i kompresibilna. [4]

2.2.5. Fiksiranje tonera na tiskovnoj podlozi

Fuziranje (fiksiranje) tonera je složen proces. Pri otiskivanju u kontaktu se moraju naći čestice tonera i tiskovna podloga. Pri tom srazu dolazi do međusobnog privlačenja elektrostatskim silama, ali i s međumolekularnim Wandervalsovima silama. Pri tom privlačenju čestica tonera i papirnih vlaknaca nije ujednačen i samo niži slojevi nanesenog tonera imaju mogućnost kvalitetnijeg vezivanja. Većina prenesenog tonera ostaje nestabilna i nije otporna na mehaničko otiranje. Iz tog razloga potrebno je dodatno fiksiranje čestica tonera za tiskovnu podlogu. Za tu potrebu konstruirani su specijalni uređaji koji se nazivaju fuzeri. Slika 7. prikazuje konstrukciju jedinice za fuziranje na bazi valjkaste strukture. [3]



*Slika 7. Fuzorska jedinica na bazi valjkaste strukture
(Izvor: H. Kipphan, The handbook of print media, 2001.)*

Postoje različiti tipovi jedinica za fuziranje. Najčešće su u upotrebi fuzeri koji promijenjuju tehniku uprešavanja ili fuziranja zračenjem. Suvremene fuzerske jedinice

uglavnom primjenjuju tehnologiju tzv. toplog fuziranja. Takvo se fuziranje bazira na činjenici da je toner građen od termoplastičnog (polimernog) materijala koji zagrijavanjem mijenja agregatno stanje. Pri takvom fuziranju toner se podvrgava temperature i do 160°C. Zagrijavanjem toner mijenja svoje agregatno stanje.

U elektrofotografiji postoje i alternativne metode fuziranja. To su fuziranje laserom, mikrovalovima i fuziranje vodenom parom. Njihova je efikasnost još uvijek upitna, tako da još nisu u komercijalnoj upotrebi. [3]

2.2.6. Čišćenje tiskovne forme od ostatka tonera

Po završetku fiksiranja potrebno je površinu fotokonduktora pripremiti za novi ciklus oslikavanja. Nakon završenog procesa otiskivanja na površini fotokonduktora zaostaje napon virtualne tiskovne forme zajedno s ostacima tonerskih čestica koje se tijekom transfera nisu prenijele na prijenosni medij, odnosno tiskovnu podlogu. Proces čišćenja izvodi se u dvije faze:

- brisanjem napona virtualne tiskovne forme
- skidanje ostatka tonera s fotokonduktora

Čišćenje započinje sa svjetlosnom neutralizacijom. Pri mehaničkom skidanju koristi se specijalno konstruirana jedinica za čišćenje. Takva se jedinica sastoji od: četkastih valjaka kojim je pridodan vakumski uređaj za otklanjanje tonera. [3]

2.3. Metode određivanja kvalitete reprodukcije

Direktno mjerenje količine nanosa bojila na otisku vrlo je komplicirano. Ono zahtjeva razaranje otiska i njegovo mikroskopsko mjerenje. U tiskarstvu se zato primjenjuju indirektna metoda određivanja nanosa mjerenjem apsorbiranog svjetla sa otiska (denzitometrija) ili mjerenje vrijednost obojenja (kolorimetrija).

2.3.1. Denzitometrija

Pomoću denzitometra mjerimo optičku gustoću obojenja otisnutog bojila na tiskovnoj podlozi. Denzitometar radi tako da iz usmjerenog izvora svjetla, svjetlost prolazi kroz leću, polarizator, filter i osvjetljava otisnutu površinu. Ovisno o koncentraciji pigmenata i nanosa bojila dio svjetla se apsorbira. Neapsorbirano svjetlo s površine se reemitira pod kutom od 45° i kroz sustav leća dolazi u fotodiodu. Fotodioda pretvara reemitirano svjetlo u impulse električne energije koje elektronički sklop uspoređuje s izmjerenom vrijednošću reflektiranog bijelog standarda. Dobivena razlika predstavlja apsorpciju izmjerenog nanosa bojila i prikazuje se na ekranu.

Za mjerenje otiska koriste se refleksioni denzitometri. Gustoća obojenja mjeri se na 100% otisnutim tiskovnim elementima kao i u željenim rastertonskim područjima. Izmjerene vrijednosti moguće je izraziti u obliku: krivulja reprodukcija, relativnog tiskarskog kontrasta, trapinga, sivoće i greške tona. [5]

2.3.2. Kolorimetrija

Egzaktno uspoređivanje punog tona bazirano je na denzitometrijskim mjerenjima gustoća obojenja, unutar tiska jedne naklade koja je otisnuta sa konkretnim tiskarskim strojem, na konkretnoj tiskovnoj podlozi i s konkretnim tiskarskim bojilom. Proizvođači grafičkih bojila i papira nemaju u potpunosti ujednačene proizvodne procese, što u tiskarskoj praksi rezultira otiscima različitih denzitometrijskih karakteristika. Denzitometrijsko mjerenje je danas pogodno za kontrolu mjerenja unutar tiska jedne naklade.

Spektrofotometri su mjerni uređaji koji cjelovito opisuju obojenje. Za razliku od denzitometra, spektrofotometrima određujemo: dominantne valne duljine, zasićenje i svjetlinu obojenja. Najčešće korišteni sustav opisivanja obojenja je CIE Lab sustav. Na temelju izmjerenih vrijednosti ova tri parametra određuju se 3D koordinate u prostoru boja. Koordinate obojenja moguće je uspoređivati s bilo kojim obojenim uzorkom (original, probni otisak, otisak iz naklade) bez obzira na tiskovne podloge, tip grafičkog bojila i tiskarskog procesa. [5]

Prilikom uspoređivanja primjenjuju se CIE Lab ΔE formula kojom se izračunava razlika u obojenju.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2} \quad (I)$$

Na temelju dobivenih rezultata moguće je direktno odrediti i kvalitetu reprodukcije. Za vizualizaciju se koristimo tablicom 1.

*Tablica 1: Vizualna valorizacija razlike u obojenju
(Izvor: H. Kipphan, The handbook of print media, 2001.)*

ΔE	opis
0 – 1	jako mala razlika
1 – 2	mala razlika
2 – 3,5	srednja razlika
3,5 – 5	velika razlika
> 5	značajna razlika

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Plan rada i metode istraživanja

Potrebno je napraviti proračun troškova materijala i vremena potrebnog za otiskivanje brošure, a kako bi se mogla utvrditi razlika između ofsetnog i digitalnog tiska. Tisak brošure odrađen je u nakladi koja je isplativa u obje tehnike. Tendencija je usporediti isplativost tiskanja u obje tehnike s obzirom na utrošeno vrijeme i ulazne troškove. Tisak se vrši na kvalitativno indetičnim podlogama iste gramature. Na temelju kalkulacija i ponuda ocjenjena je ekonomska isplativost pojedine tehnike. Potrebno je uzeti u obzir i brzinu cjelokupnog procesa – od gotove grafičke pripreme do gotovog proizvoda. Na kraju je dan zaključak koji se temelji na ekonomskoj i vremenskoj isplativosti.

3.2. Predmet istraživanja

Potrebno je izraditi proračun, kalkulaciju cijene, utrošenog vremena, trošak repromaterijala, a u svrhu usporedbe i ocjene isplativosti između dvije tehnike tiska. Kalkulacija se radi po upitu klijenta:

Predmet: tisak brošure

Format: A4

Opseg: 20 str. (16 str knjižni blok + 4 str korice)

Naklada: 300 komada

Tisak: 4/4, obostrano color

Papir: knjižni blok: 135 g/m² matt kunstdruck + korice 250 g/m² matt kunsdruck

Dorada: savijanje, klamanje, obrezivanje na format

3.3. Korišteni strojevi i uređaji

Datoteka je pripremljena na PC računalu Adobe programskom paketu poštujući sva pravila grafičke pripreme. Datoteka je nakon pripreme pretvorena u rasterski oblik pomoći RIP-a te je izrađen probni otisak na stroju Konica Minolta C1085. Prije samog tiska potrebno je izraditi tiskovne forme što je napravljeno na stroju Kodak Trendsetter 800 II. Tisak u tehnici klasičnog ofseta je odrađen na stroju Heidelberg Speedmaster 74, a u digitalnom tisku na stroju Konica Minolta Bizhub Press C1085. Za tisak na digitalnom stroju nije potrebna nikakva priprema već se odmah započinje tisak cijele naklade. Na digitalnom stroju RIP-anje se izvršava direktno u internom RIP-u.

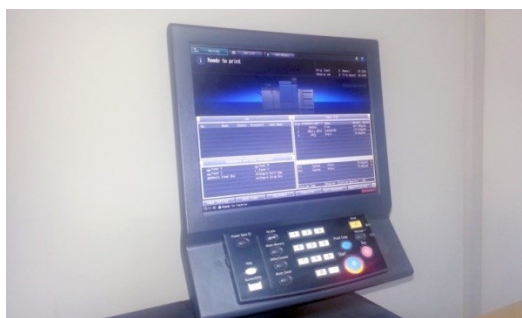
3.3.1. Konica Minolta Bizhub Press C1085

Svi proizvođači elektrofotografskih strojeva, pa tako i Konica Minolta, nastoje zadovoljiti potrebe tržišta te teže što većoj učinkovitosti, pouzdanosti i boljoj kvaliteti proizvoda. Tako se visokoproduktivni digitalni tiskarski strojevi odlikuju skalabilnošću čime sustav čine sposobnim za raznovrsno rukovanje tiskovnim podlogama, više doradnih procesa uz jednostavno rukovanje samim tiskarskim strojem. Minoltin model C1085 spada u kategoriju jednoprolaznih indirektnih elektrofotografskih strojeva (slika 8.)



*Slika 8. Elektrofotografski stroj Konica Minolta C1085
(Izvor: <http://kmbs.konicaminolta.us/wps/portal/web/home/products/production-print/digital-press/bizhub-press-c1085>)*

Od samog početka procesa izrade grafičkog proizvoda Konica Minolta C1085 svojim korisnicima olakšava rad tako da je na samom stroju ugrađen 15 " LCD monitor osjetljiv na dodir (slika 9.). Tako su sve opcije ispisa, postavki doradnih procesa i kontrola otiska dostupni su na jednom mjestu (putem ekrana koji pruža i pregled samog tijeka izrade proizvoda). [6]



Slika 9. Upravljačka jedinica stroja Konica Minolta C1085

Jedinica za otiskivanje tiskarskog stroja Konica Minolta C1085 također pruža praćenje kvalitete otiska. Pritom se vrši denzitometrijska kontrola gustoće obojenja punog tona i 50% rastertonske vrijednosti obojenja. Za vrijeme rada stroj se ne zaustavlja te se u pokretu izvode mjerenja. Pritom se na prijenosnom remenu u marginama otiskuju CMKY kontrolna polja.

Da bi se tiskarska jedinica opskrbila sa tiskovnim podlogama u Konica Minoltu C1085 su ugrađene 3 ulagače ladice s mogućnošću proširivanja na dodatne ulagače jedinice. Tako svaka ulazna jedinica može sadržavati drugačiji tip tiskovne podloge. Samim time ukoliko grafički proizvod zahtjeva više različitih tiskovnih podloga, tada postoji mogućnost da stroj automatski ulaže različite tiskovne podloge. Jedna od ladica visokog kapaciteta može dodatno sadržavati uređaj za kondicioniranje papira u kojim se kontrolira vlaga čime se tiskovna podloga dodatno priprema za otiskivanje. Uлагаća jedinica u jednoj od konstrukcija može sadržavati i grijač koji zagrijavanjem odvodi vlagu iz tiskovne podloge i time ju dodatno priprema za otiskivanje.

Nakon otiskivanja toner se mora fiksirati na tiskovnu podlogu. Međutim, nakon što je izvršeno fuziranje tiskovna podloga ima tendenciju da se savija obzirom da je prošla

otiskivanje i fiksiranje. Kako bi se arak ispravio te spriječilo savijanje tiskovne podloge, Konica Minolta C1085 ima ugrađenu opciju za vlaženje papira.

Dodatkom vode higroskopni papir postaje gibak i podatniji za doradu. Nakon toga otisak se još suši fenom i vodi kroz sistem prijenosnih remena koji mehanički ispravljaju tiskovnu podlogu u ravan položaj.

Što se tiče doradnih procesa Konica Minolta C1085 moguće je povezati sa čitavim nizom doradnih jedinica. Osnova je bazična jedinica za izlaganje, ali kao opcija nadogradnje može biti jedinica za uvezivanje žicom (po dužoj ili kraćoj strani tiskovne podloge, ili uvezivanje žicom u samom kutu tiskovne podloge), savijanje. Postoji mogućnost dodavanja i jedinice za savijanje. Ona omogućava 6 različitih vrsta savijanja (može se pridodati uz opciju u kojoj se vrši savijanje i obrezivanje).

Također, kao opciju uvezivanja moguće je ugraditi doradnu jedinicu koja uvezuje do 300 listova mekog uveza. Uz primjenu nove tehnologije poravnavanja tiskovne podloge, omogućeno je uvezivanje bez naknadnog obrezivanja sa tri strane. [6]

Osnovne karakteristike stroja za digitalni tisak Konica Minolta C1085 dane su u tablicama 2. i 3.

*Tablica 2. Tehničke karakteristike stroja za digitalni tisak Konica Minolta C1085
(Izvor: <http://kmbs.konicaminolta.us/wps/portal/web/home/products/production-print/digital-press/bizhub-press-c1085>)*

SPECIFIKACIJE UREĐAJA	
Rezolucija	1,200 x 1,200 dpi x 8 bit 1,200 x 3,600 dpi
Gramatura papira	55–350 g/m ²
Obostrani otisak	55–350 g/m ²
Veličina papira	330 x 487 mm
Max. područje ispisa	321 x 480 mm
Kapacitet papira ulaganje	13,890 listova
Kapacitet papira izlaganje	13,600 listova
Dimenzije	900 x 950 x 1,319 mm
Težina osnovne jedinice	430 kg

*Tablica 3. Produktivnost stroja za digitalni tisak Konica Minolta C1085
(Izvor: <http://kmbs.konicaminolta.us/wps/portal/web/home/products/production-print/digital-press/bizhub-press-c1085>)*

PRODUKTIVNOST	
A4 - max. po min.	85/min
A3 - max. po min.	46/min
SRA3 - max. po min.	43/min
A4 - max. po satu	4,413/h
A3 - max. po satu	2,399/h
SRA3 - max. po satu	2,243/h
A4 - max. po min.	85/min
A3 - max. po min.	46/min
SRA3 - max. po min.	43/min

3.3.2. CTP - Creo Kodak Trendsetter 800 II

Tiskovne forme su razvijene na CTP sustavu Creo Kodak Trendsetter 800 II (slika 10.) koji koristi termalne aluminijske ploče. Termalne ploče preuzele su vodeće mjesto na tržištu. Toplinska energija omogućuje formiranje znatno oštrije granice između tiskovnih elemenata i slobodnih površina, pa tako termalne ploče osiguravaju ne samo bolju kvalitetu u odnosu na druge CTP ploče, već se sve operacije sa temalnim pločama odvijaju pri dnevnom svjetlu, zbog čega osvetljivači ne moraju imati skupe transportne sustave i samim tim su jeftiniji nego osvetljivači za klasične fotopolimerne i srebrohalogene CTP ploče. [7]

Sam CTP uređaj je kompaktan, pruža poluautomatski rad, i jednostavno rukovanje i održavanje. Više informacija i specifikacija stroja prikazani su u tablici 4.



*Slika 10. CTP uređaj Creo Kodak Trendsetter 800 II
(Izvor: http://graphics.kodak.com/us/en/special_products/remanufactured_ctp/8_page_ctp/trendsetter_800_ii/default.htm)*

*Tablica 4. Tehničke karakteristike CTP uređaja Creo Kodak Trendsetter 800 II
(Izvor: http://graphics.kodak.com/us/en/special_products/remanufactured_ctp/8_page_ctp/trendsetter_800_ii/default.html)*

SPECIFIKACIJE UREĐAJA	
Model	Kodak Trendsetter 800 II
Tehnologija	830 nm, termalni, poluautomatski, vanjski bubanj
Karakteristike	V-brzina do 30 ploča/sat
Ulaganje/izlaganje	Poluautomatsko
Propusnost	2400 dpi/ploča dimenzije
Povezanost tokom rada	KODAK PRINERGY Workflow System Connection
Rezolucija	2400 dpi
Linijatura	13,600 listova
Veličina ploča	900 x 950 x 1,319 mm
Veličina ispisa	838x1143 mm

3.3.3. Heidelberg Speedmaster 74-4

Tiska je odrađen na četverobojnom Heidelberg Speedmaster 74-4 stroju (slika 11.). Format koji stroj može otisnuti je 530x740 mm. Pogodne podloge su one debljine od 0,3 do 0,6 mm. Brzina do 15.000 araka/h u jednostranom i tisku na okret. Strojevi sa standardnim izlaganjem impresivnog su kompaktnog dizajna te su prije svega namijenjeni tiskarama koje se bave malim i srednjim nakladama, a novi peterbojni stroj je posebno pogodan za tiskare koje žele koristiti spot boje i premazivanje u jednom prolazu. [8]

Detaljne karakteristike i specifikacija stroja prikazuje tablica 5.



Slika 11. Tiskarski stroj Heidelberg Speedmaster 74-4
Izvor: https://www.heidelberg.com/global/en/products/press/sheetfed_offset/speedmaster_sm_74

Tablica 5. Tehničke karakteristike tiskarskog stroja Heidelberg Speedmaster 74-4
(Izvor: http://graphics.kodak.com/us/en/special_products/remanufactured_ctp/8_page_ctp/trendsetter_800_ii/default.html)

SPECIFIKACIJE UREĐAJA

Tehničke karakteristike	
Max. format papira	530 x 740 mm
Min. format papira	210 x 280 mm
Max. površina tiska	510 x 740 mm
Debljina papira	0,03 – 0,6 mm
Hvataljke	8 – 10 mm
Max. brzina tiska	15,000 araka/sat
Min. brzina tiska	3,000 araka/sat
Tiskovna forma	
Dimenzija	605 x 745 mm
Debljina	0,25 – 0,30 mm
Razmak prednjeg ruba do ruba tiska	59,50 mm
Gumena navlaka	
Dimenzija	627 x 772 mm
Debljina	1,95 mm
Uređaj za bojenje	
Broj tiskovnih jedinica	4
Ukupan broj valjaka	16
Promjer valjaka	70.5; 60.5; 55.5; 65.5 mm
Uređaj za vlaženje	
Vrsta	Alcolor
Ukupan broj valjaka	5
Promjer valjaka	75 mm
Uređaj za ulaganje/izlaganje	
Visina ulagaćeg stroja	1060 mm
Visina izlagaćeg stroja	1156 mm
Dimenzije	
Visina	1,93 m
Širina	2,90 m
Duljina	7,93 m

3.4. Korišteni materijali

Glavna razlika između ove dvije tehnike je u boji koja se koristi kod otiskivanja. Naime, boje se u ove dvije tehnike uvelike razlikuju. Kod ofsetnog tiska koristimo bojila a u digitalnom tisku praškasti toner. Gledajući sa strane tiskovnih podloga, razlika i nije tako značajna. Za digitalni tisak koriste se specijalni papiri, prilagođeni pojedinim strojevima i proizvođači garantiraju najbolji otisak na preporučenim papirima. U praksi se pak često koriste i ofsetni papiri za tisak na digitalnom stroju. Razlog tome je mala veličina čestica tonera koje dobro prijanjaju na svaku podlogu.

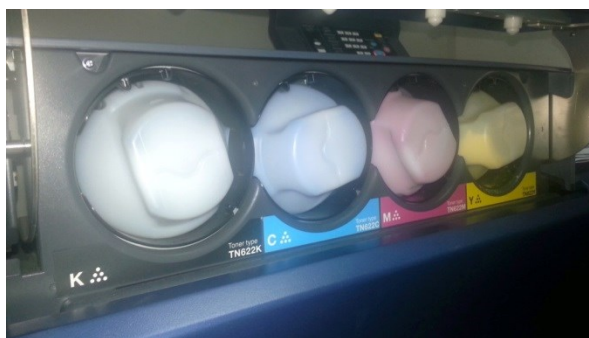
3.4.1. Bojila

Kod ofsetnog tiska na arke bojila su sastavljena većinom od pigmenata (15-20%), sušivih ulja (20-35)%, mineralnih ulja (20-25)%, tvrdih smola (20-25 %) i aditiva (5-10%). Korištene su Printcom boje za ofsetni tisak na arke. Takve boje karakterizira mogućnost tiska na različite podloge, veliki intezitet obojenja i otpornost na abraziju te dobro postizanje oštre rasterske točkice. Ova boja posjeduje certifikat DIN ISO 2846-1. To znači da su u skladu sa standardom "*Process Standard Offset (PSO)*" i da pružaju najbolje preduvjete za ispunjavanje zahtjeva prema normi ISO 12647-2, industrijska proizvodnja standardnih proizvoda za tisak.

Za digitalni tisak na stroju Konica Minolta C1085 koristi se isključivo proizvođačev toner (slika 12.). To je novi tip Minoltinog polimeriziranog tonera, a proizvodi se metodom polimerizacije odnosno emulzijskom agregacijom gdje se čestice smole spajaju sa česticama pigmenata. Budući da su čestice tonera proizvedene miješanjem čestica smole i pigmenta boje, postupak polimerizacije može proizvesti manje i jednolične čestice tonera u usporedbi s česticama tonera dobivenih metodom usitnjavanja. Proizvodnja i uporaba takvog tonera između ostalog je i ekološki pogodna. Naime pri proizvodnom procesu takav toner u atmosferu ispušta oko 40% manje ugljičnog dioksida nego proizvodnja konvencionalnim načinom odnosno mljevenjem. [9]

Pri takvom načinu proizvodnje nastali toner je sastavljen od čestica veličine 6 μm koje su znatno manjih čestica nego dobivenih usitnjavanjem (8 μm). Stoga se za otiskivanje

troši nešto manje tonera (općenito oko 20%). Isto tako prednost Minoltinog tonera je to što je tako proizveden toner moguće fiksirati na tiskovnu podlogu na znatno nižim temperaturama (oko 25°C manje) čime se postiže znatna ušteda energije pri proizvodnji grafičkog proizvoda. Samim time moguće je uspješno otiskivanje na sintetičkim papirima i termo nestabilnim folijama.



Slika 12. Jedinica za obojenje s umetnutim tonerima Konica Minolta C1085

3.4.2. Tiskovne podloge

Brošura je tiskana na standardnom ofsetnom papiru Sappi Magno Satin 135/250g, a u digitalnom tisku je korišten UPM Digi ColorLaser papir, specijaliziran za digitalni tisak. Tablice 6. do 9. prikazuju karakteristike korištenih tiskovnih podloga.

*Tablica 6. Karakteristike papira Sapi Magno Satin 135 g/m²
(Izvor: <http://www.sappi.com/regions/eu/Products/Paper%20products/Product%20data%20sheets/Magno%20satin.pdf>) [10]*

	metoda	vrijednost
gramatura (g/m²)	ISO 536	135
debljina (mm)	ISO 534	0,111
bjelina (%)	ISO 2470	100
svjetlina (%)	CIE	127
sjajnost (%)	L/H	38

Tablica 7. Karakteristike papira Sapi Magno Satin 250 g/m²
(Izvor: <http://www.sappi.com/regions/eu/Products/Paper%20products/Product%20data%20sheets/Magno%20satin.pdf>)

	metoda	vrijednost
gramatura (g/m²)	ISO 536	250
debljina (mm)	ISO 534	0,225
bjelina (%)	ISO 2470	100
svjetlina (%)	CIE	127
sjajnost (%)	L/H	38

Tablica 8. Karakteristike papira UPM Digi ColorLaser 120 g/m²
(Izvor: <http://www.upmpaper.com/en/Papers/Pages/Paper.aspx?ppid=214®ion=EMEA&language=en-gb>) [11]

	metoda	vrijednost
gramatura (g/m²)	ISO 536	120
debljina (mm)	ISO 534	0,105
bjelina (%)	ISO 2470	114
svjetlina (%)	CIE	172
sjajnost (%)	L/H	35

Tablica 9. Karakteristike papira UPM Digi ColorLaser 250 g/m²
(Izvor: <http://www.upmpaper.com/en/Papers/Pages/Paper.aspx?ppid=214®ion=EMEA&language=en-gb>)²

	metoda	vrijednost
gramatura (g/m²)	ISO 536	250
debljina (mm)	ISO 534	0,215
bjelina (%)	ISO 2470	114
svjetlina (%)	CIE	172
sjajnost (%)	L/H	35

4. DISKUSIJA REZULTATA

4.1. Kvaliteta otisaka

Samo istraživanje se nije baziralo na kvaliteti otisaka već na ekonomskoj isplativosti za određenu nakladu iz razloga što je danas zahtjevnost tržišta takva da često stavlja brzinu ispred kvalitete, a kvaliteta otiska u digitalnom tisku na strojevima novih generacija se toliko približila ofsetu da je prosječnom korisniku gotovo nemoguće vidjeti razliku. Kako je naklada za tisak u ofsetu granična, za pretpostaviti je da niti nebi dobili najbolje rezultate jer se standardiziran kvaliteta postiže tek nakon nekoliko stotina araka. Kod digitalnog tiska je kvaliteta kod prvog i zadnjeg arka ista, ovisi jedino o trošenju potrošnog materijala u stroju i redovitom servisu.

4.2. Brzina tiska

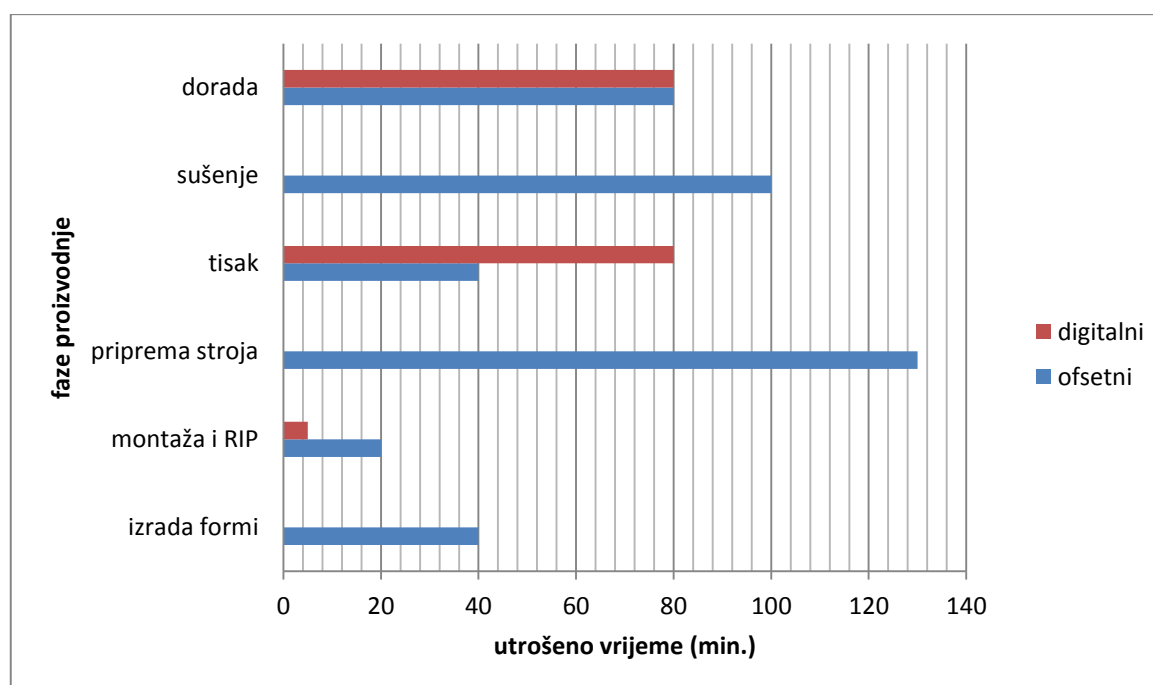
U klasičnom ofsetu brzina tiska ograničena je u prvom redu s bojom, odnosno njenom konzistencijom i viskožnošću. Brzine se kreću od 3,000-15,000 otisaka/sat. Ostali faktori su sušenje boje, ulaganje araka itd. Kod digitalnog tiska brzina je mnogo sporija i kreće se oko 2,000 jednostranih četverbojnih otisaka u satu.

Iz ovih podataka je vidljivo da će veće naklade biti znatno brže otisnute u klasičnom ofsetu nego u digitalnom ofsetu. S druge strane, ako se uzimaju u obzir pripremne radnje koje prethode samom tisku, u tom segmentu digitalni tisak donosi znatnu uštedu u vremenu. Kod klasičnog ofsetnog tiska prije samog otiskivanja potrebno je napraviti probne otiske na nekom digitalnom tiskarskom stroju. Nakon toga, potrebno je digitalno pripremiti dokument praveći separacije boja; nakon separacija dokument odlazi na RIPanje nakon čega se prenosi na tiskovne ploče u CTP odjelu. Nakon što su tiskovne forme razvijene, potrebno je pripremiti stroj. Kad je stroj pripremljen tiska se makulatura prema kojoj se podešavaju tiskovni parametri za kvalitetan otisak. Digitalni ofsetni tisak za razliku od klasičnom gotovo da i nema pripremnih radnji već jednom kada je datoteka poslana na radnu stanicu ona je i spremna za otiskivanje. Uzimajući u

obzir sve ove stavke izrađen je proračun vremena za pojedinu tehniku tiska, prikazano u tablici 10. i slici 13.:

Tablica 10. Izračun utrošenog vremena od zaprimanja naloga do gotovog proizvoda

	Ofsetni tisak	Digitalni tisak
1. Izrada tiskovnih formi (min.)	40	-
2. Montaža i RIP (min.)	20	5
3. Priprema stroja (min.)	130	-
4. Tisak (min.)	40	80
5. Sušenje (min.)	100	-
6. Dorada (min.)	80	80
UKUPNO	380	165



Slika 13. Prikaz utrošenog vremena po fazama proizvodnje

Sami tisak, odnosno vrijeme utrošeno na tisak je približno isto kod obje tehnike. Ono što radi razliku je trošak vremena na izradu ploča, pripremu stroja i sušenje naklade. Vrijeme utrošeno na doradu je isto.

4.3. Troškovi izrade

Danas je tržište i ponuda toliko velika, čak i u našim okvirima da se klijentima nude najbolji uvjeti. Ono što je postalo pravilo u svakom upitu je najbolji omjer cijene i kvalitete uz najkraći rok isporuke. Najbolji odnos kvalitete i cijene dobivamo u ofsetnom tisku, ali i ta činjenica ima iznimke pogotovo kad je riječ o malim nakladama. Razlog tome je u podatku da ofsetni tisak ima visoke fiksne troškove koji su jednaki bilo da se radi o tisku izuzetno male naklade ili o tisku izuzetno velike naklade. Te troškove uglavnom čine trošak tiskovnih formi, trošak makulature i ostali redovni troškovi potrebni za rad stroja. Strojevi za digitalni tisak su najproduktivniji tiskarski sustavi današnjice. Mogu tiskati 24 sata na dan, 7 dana u tjednu. Pored toga, potpuno su eliminirani troškovi pripreme stroja i makulature. Sama investicija u stroj je također mnogo manja, a servisi i nabava potrošnog materijala i dijelova regulirani su ugovorom s prodavateljima stroja i često su uključeni u cijenu otiska. Svi ti podaci nam unaprijed govore o ekonomičnosti koju ova tehnika tiska donosi. Većinu tih prednosti moguće je uočiti na malim nakladama. Tablica 11. prikazuje ulazne fiksne troškove za pojedinu tehniku. Zbrojimo li te troškove dobivamo ukupni trošak po kojem formiramo izlaznu cijenu za navedeni proizvod. Razliku izlazne cijene i troškova izrade prikazuje tablica 12.

Tablica 11. Ulazni troškovi izrade za nakladu 300 komada

	Ofsetni tisak	Digitalni tisak
Tiskovne forme (Kn)	480	-
Montaža, osvjetljavanje i razvijanje (Kn)	530	-
Papir (Kn)	330	350
Boje i potrošni materijal (Kn)	100	-
Tisak (Kn)	300	1050
Dorada (Kn)	200	200
UKUPNO	1970	1600

Tablica 12. Prikaz troškova i dobiti za nakladu 300 komada

	Ofsetni tisak	Digitalni tisak
Naklada (kom.)	300	300
Cijena za klijenta (Kn.)	3300	3300
Ulazni troškovi (Kn.)	1970	1600
Dobit (%)	40	51
Dobit	1330	1700

Vidimo da je naklada od 300 komada vrlo blizu granici da bude isplativa u obje tehnike. Ipak, dobit je veća ako se naklada otisne u digitalnom tisku. Ne treba zanemariti ni brzinu koja je svakako na strani digitalnog tiska. Za ovu nakladu, s obzirom na omjer izlazne cijene i dobiti, izbor bi bio tiskati u tehnici digitalnog tiska.

Povećanjem naklade trošak po jedinici proizvoda svakako pada u slučaju odabira ofsetnog tiska, jer nakon početnih fiksnih troškova, pri većim nakladama imamo trošak rada stroja i papira. Cijena otiska kod digitalnog tiska je fiksna, dakle, pri većim nakladama i trošak je proporcionalno veći. Kao graničnu isplativo nakladu možemo odrediti upravo nakladu od 1500-1700 obostranih A3 otisaka u digitalnom tisku. Za usporedbu kretanja isplativosti potrebno je vidjeti omjere cijena troškova i dobiti za isti proizvod u manjoj (100 komada) i većoj nakladi (500 komada), prikazano u tablicama 13. i 14.

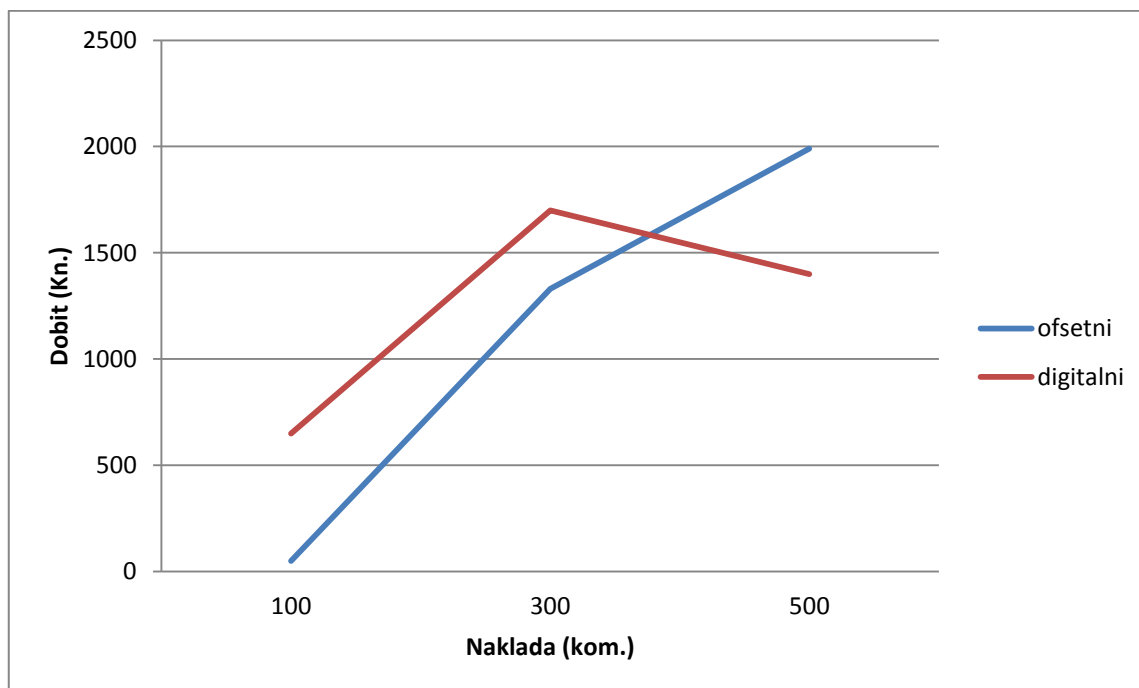
Tablica 13. Omjer troškova i dobiti za nakladu 100 komada

	Ofsetni tisak	Digitalni tisak
Naklada (kom.)	100	100
Cijena za klijenta (Kn.)	1400	1400
Ulazni troškovi (Kn.)	1350	750
Dobit (%)	3,5	46
Dobit	50	650

Tablica 14. Omjer troškova i dobiti za nakladu 500 komada

	Ofsetni tisak	Digitalni tisak
Naklada (kom.)	500	500
Cijena za klijenta (Kn.)	4500	4500
Ulazni troškovi (Kn.)	2510	3100
Dobit (%)	44	31
Dobit	1990	1400

Vidimo da je u nakladi od 100 komada cijena izrade u ofsetu izrazito nepovoljna, gotovo neisplativa. Izlazna cijena za tu nakladu odrađenu u ofsetnom tisku morala bi biti viša što je teško prolazno na tržištu, pogotvo danas kada je tržište zasićeno i u trendu je smanjivanje cijena. Porastom naklade na 500 komada i više, omjer dobiti se okreće na stranu ofsetnog tiska što je vidljivo iz slike 14.



Slika 14. Prikaz odnosa dobiti i naklade

5. ZAKLJUČCI

Kroz ispitivanje i uspoređivanje razlika između ofsetnog i digitalnog tiska došli smo do nekoliko parametara koji odlučuju na odabir pojedine tehnike.

Format je prvi bitan faktor koji ide u korist ofsetnom tisku. Dok je u digitalnom tisku format ograničen na 330x487 mm (s nešto manjim područjem ispisa, ovisno o stroju), u ofsetu možemo do B1 formata. Drugi ograničavajući faktor u digitalnom tisku su tiskovne podloge. Dok se u ofsetnom tisku može upotrebljavati mnogo šira paleta podloga i gramature do skoro 400 g, digitalni tisak ne može dati najbolje rezultate na svim podlogama. Posebno je ograničen kvalitetom tiska na strukuriranim i metaliziranim podlogama. Maksimalne gramature papira su na većini strojeva 300 g, tek su noviji strojevi deklarirani za papire do 350 g. Obostrani tisak je još jedan od nedostataka digitalnog tiska, posebno na većim gramaturama gdje zbog konstrukcije stroja dolazi do zapinjanja papira u stroju. Također, kod obostranog tiska dolazi do većeg odstupanja pasera kod digitalnog tiska u odnosu na ofsetni tisak.

Digitalni tisak je ograničen tiskovnim jedinicama, dok ofsetni stroj može imati čak i do 10 tiskovnih jedinica. Tek rijetki strojevi (HP Indigo) mogu tiskati *Spot* boje i lak što u svim drugim tehnikama digitalnog tiska nije moguće.

Brzina tiska je još uvijek znatno manja kod digitalnog tiska i ona iznosi u prosjeku 2000 araka na sat. Kod klasičnog ofseta iz arka danas se postižu brzine od 7000 otisaka na sat kad je riječ o četverbojnom tisku odnosno 15000 araka na sat za jednobojni tisak.

Iz dobivenih podataka možemo zaključiti da se u graničnoj nakladi naručeni posao ipak više isplati odraditi u digitalnom tisku nego u ofsetnom. Zbog današnjih zahtjeva tržišta za brzinom, a posebno zbog trenda smanjenja naklada i ulaznih troškova, digitalni tisak rapidno raste. Dolaskom novih strojeva, digitalni tisak se kvalitetom u dobroj mjeri približio ofsetnom tisku. Tehnologije napreduju tako da svaki novi stroj ima veću brzinu i jeftiniji otisak. Takvim tempom sve će se više povećavati granica u konkurentnosti po broju araka, koja već sada iznosi oko 1500 do 2000 obostranih araka. Danas mnogo ofsetnih tiskara ima i svoj digitalni pogon ili namjerava uložiti u njega. Digitalni stroj u jednoj tiskari povećava produktivnost, rasterećuje postojeće strojeve, odrađuje neisplative poslove kod malih i srednjih naklada, pogodan je za probne otiske, a vrlo

bitan segment je varijabilni tisak, personalizacija, numeracija i slično. Digitalni tisak danas funkcionira kao dopuna ofsetnom i kao samostalna djelatnost.

6. LITERATURA

1. Bolanča S., Golubović K. (2008). *Tehnologija tiska od Gutenberga do danas*, Zbornik radova Senjski zbornik br. 35, D. Nekić (ur.), 125-146, 0582-673X, Senj, prosinac 2008., Gradski muzej Senj i senjsko muzejsko društvo, Senj
2. Žiljak V., Pap K. (1999). *PostScript*, Print & Publishing International Verlagsges m.b. H., Beč
3. Majnarić I. (2004). *Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge*, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb
4. Majnarić I. (2007). *Studija indirektne elektrofotografije*, doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb
5. Kipphan H., (2001). *The handbook of print media*, Springer, Berlin
6. <http://www.biz.konicaminolta.com> – *Konica Minolta C1085*, 24.08.2015.
7. <http://graphics.kodak.com> – *Kodak Trendsetter 800 II*, 24.08.2015.
8. <http://www.heidelberg.com> – *Heidelberg Speedmaster 74*, 25.08.2015.
9. <http://www.imaging.org> – *bojila u elektrofotografiji*, 25.08.2015.
10. <http://www.sappi.com> – *papir Sappi Magno Satin*, 26.08.2015.
11. <http://www.upmpaper.com> – *papir UPM Color Laser*, 26.08.2015.